

VŠB Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

**Návrh nové technologie výroby rotoru elektromotoru ve
firmě Siemens, s.r.o.**

Proposal of New Technology Machining Electric Motor Rotor
Siemens, s.r.o.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

Student:

Bc. Martin Plhák

Ostrava

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Plhák**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie

Specializace: 20 Strojírenská technologie

Téma: **Návrh nové technologie výroby rotoru elektromotoru ve firmě Siemens, s.r.o.**
Proposal of New Technology Machining Electric Motor Rotor at Siemens, s.r.o.

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Popis stávajícího postupu výroby.
3. Návrh nového postupu výroby.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] KOCMAN, K.; PROKOP, J. *Technologie obrábění*. Brno : Akademické nakladatelství CERM s.r.o. Brno. 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
- [2] VASILKO, K.; NOVÁK-MARCINČIN, J.; HAVRILA, M. *Výrobné inžinierstvo*. Prešov : Datapress Prešov. 2003, 424 s. ISBN 80-7099-995-0.
- [3] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábaní*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. s. 343. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [4] HUMÁR, A. *Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění*. Brno : CCB, s.r.o. Brno, 1995. 265 s. ISBN 80-85825-10-4.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

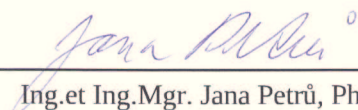
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.**


Konzultant diplomové práce: Ing. Monika Straková

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014




Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 16. 5. 2014



Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 16.5.2014

Podpis 

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Martin Plhák

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Nám. Kosmonautů 3, Mohelnice
789 85

Anotace diplomové práce

Plhák, M. „*Návrh nové technologie výroby rotoru elektromotoru ve firmě Siemens, s.r.o.*“ VŠB-TU Ostrava, Katedra obrábění a montáže, 2012, 57 stran Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

V mé diplomové práci se zabývám výrobou pracovního postupu rotorů pro firmu Siemens, s.r.o.. Tuto firmu jsem si vybral z důvodu dlouholeté zkušenosti při výrobě elektromotorů a také protože patří mezi největší dodavatele ve své oblasti.

V úvodu se zmiňuji o současném stavu při výrobě rotorů. Jsou důkladně rozebrány dvě současné technologie a provedení jejich porovnání a analýza výroby. Poté jsem navrhnul tři nové technologie pro výrobu rotorů. Tyto tři technologie jsou rozebrány a zdůrazněny jejich pracovní postupy a jejich výhody i nevýhody. V závěru mé práce jsem provedl technicko-ekonomické zhodnocení, kde jsou tři nové technologie porovnány se současnými technologiemi a provedeny finanční náklady. Na závěr technicko-ekonomického zhodnocení jsou provedeny úspory pro každou navrhovanou linku zvlášť.

Na základě analýz a poznatků technologií jsem chtěl navrhnout takovou technologii, která by mohla být realizována a která by přinesla firmě Siemens, s.r.o. lepší finanční řešení, rychlejší výrobu a větší produktivitu při výrobě rotorů i celých elektromotorů.

Klíčová slova: Siemens, elektromotor, rotor, pracovní linka, technologie

Annotation of dissertation

Plhák, M. „*Proposal of new technology machining electric motor rotor Siemens, s.r.o.*“
VŠB-TU Ostrava, Department of Machining and Assembly, 57 pages Supervisor:
Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

This thesis is about new design of processing of rotors for Siemens, s.r.o. company. I chose this company because of its long experience in making of electric motors and it is one of the biggest suppliers in this area. The introduction is about current status of making stators. Two present technologies are thoroughly discussed and compared. Next is my design of two new technologies for stator production. These two technologies are discussed and there is highlighted their workflow and benefits. At the end of my work I've done techno-economic evaluation, there are three new technologies compared to current technologies and the application of financial costs. At the conclusion of the technical-economic evaluation savings are made for each proposed line separately.

Based on analyses, I want to design technology, which can be implemented to provide cheaper and faster production and bigger productivity at making of rotors and entire electric motors at Siemens, s.r.o. company.

Keywords: Siemens, electric motor, the rotors, line work, technology

Obsah

1 Úvod.....	3
2 Historie a současný stav elektromotoru.....	4
2.1 Popis a historie činnosti firmy Siemens, s.r.o.	4
2.2 Užití a složení elektromotorů a současný stav výroby rotoru	5
3 Popis současné výroby rotoru	7
3.1 Výrobní metoda rotoru pomocí strojů SPT16 NC CZTech a brusky BHE505 TOS Hostivař.....	9
3.2 Výrobní metoda rotoru pomocí strojů SP12 CNC a brusky JUFLEX 3000	19
4 Návrh nových technologií opracování rotorů	22
4.1 Výrobní linka pro výrobu rotoru strojem EMAG VTC 250 / 250 DUO	24
4.2 Výrobní linka pro výrobu rotoru stroji SP280 MAS Kovosvit.....	33
4.3 Výrobní linka pro výrobu rotoru stroji DMG NEF600 Gildenmeister	38
5 Technicko – ekonomické vyhodnocení	41
6 Závěr.....	44
Seznam použité literatury	45
Publikační zdroje	45
Internetové zdroje	45
Seznam příloh	47
Seznam obrázků.....	48
Seznam tabulek.....	50

Přehled použitých značek a symbolů

AH....	Značení osových výšek elektromotorů
o. z.	Odštěpný závod
s. r. o. ...	Společnost s ručním omezeným
AG....	Siemens AG – název koncernu
ČR....	Česká republika
EMAG....	Elektrizitäts und Maschinenbau Aktien Gesellschaft
EN ISO....	Norma výroby
GEIS....	Dopravní firma
W....	Watty
kW....	KiloWatt
CNC...	(Computer numerical control) Počítačově řízený obráběcí stroj
Ø...	Průměr
mm....	Milimetry
NXCam....	Výrobní program
Al....	Značka hliníku
VZV....	Vysokozdvihový vozík
kg....	Kilogram
kN....	KiloNewton
Mpa....	MegaPascal
°C....	Stupeň Celsia
Ap....	Hloubka řezu
S....	Otáčky
f....	Posuv
s....	Sekunda
kV....	KiloVolt
a.s.	Akciová společnost
Kč	Koruna česká (měna)

1 Úvod

V současné době jsou kladena kritéria firem na přesnost, flexibilitu a zároveň rychlost výroby součástí. Výrobní linky se stále zdokonalují a automatizují, což má význam na chod a možnosti celé firmy.

Za tímto účelem jsem si vybral téma „Návrh nové technologie opracování rotoru elektromotoru ve firmě Siemens, s.r.o.“, protože funkčnost této linky může zvýšit výrobu, ekonomiku a přesnost při výrobě elektromotorů.

Ke zpracování mé diplomové práce jsem si vybral firmu Siemens s.r.o., o. z. Elektromotory Mohelnice. Z důvodů dlouhodobé zkušenosti na trhu výroby elektromotorů a zároveň, že patří mezi nejlepší a největší dodavatele a výrobce elektromotorů.

Cílem této práce je navrhnout dvě výrobní technologie, kdy jedna bude ještě rozšířena o návrh konkurenčního stroje na výrobu rotoru. Dané linky se porovnají se stávajícími technologiemi.

V teoretické části hodlám provést analýzy současných stavů výroby rotoru. Ty důkladně rozeberu do dvou výrobních technologií. Obě současné technologie jsou spolehlivé a přesné, ale zastaralé, zabírají mnoho pracovního místa, jsou méně produktivní a užívají mnoho pracovních sil.

V praktické části navrhnu tři nové technologie výroby. Obě budou více automatizované, přesné a produktivnější na výrobu, ale méně náročné na pracovní plochu a pracovní sílu. U obou těchto technologií budu analyzovat důkladně pracovní postup a upřednostním jejich výhody a nevýhody.

Závěrem provedu technicko-ekonomické vyhodnocení, kde obě nové technologie důkladně rozeberu jak po stránce produktivity, tak po stránce financí.

2 Historie a současný stav elektromotoru

2.1 Popis a historie činnosti firmy Siemens, s.r.o.

Firma Siemens, s.r.o., odštěpný závod (dále jen o.z.) Elektromotory v Mohelnici má dlouholetou tradici ve výrobě elektromotorů. O.z. v Mohelnici patří do skupiny Siemens Česká republika, která je zahrnuta do jednoho z největších koncernů na světě Siemens AG. Siemens AG je globální elektrotechnický koncern, který je přes 165let synonymem pro špičkové technologie, inovace, kvalitu, spolehlivost a mezinárodní působení v oblasti průmyslu, energetiky, zdravotnictví a infrastrukturních řešení pro města a jejich okolí. Má působení po celém světě, kde zaměstnává přes 370 tisíc zaměstnanců, v různých odvětvích. Siemens Česká republika patří mezi největší elektrotechnické firmy v ČR. Přes 120 let je Siemens nedílnou součástí českého průmyslu a zárukou moderních a inovativních technologií. Se svými 10,5 tisíci zaměstnanci patří mezi největší zaměstnavatele v Česku. O.z. Elektromotory Mohelnice patří mezi přední světové dodavatele nízkonapěťových asynchronních elektromotorů. [5]

Historie o.z. Elektromotory Mohelnice [5]

- r. 1904- Založen podnik společností Ludwig Doczekal&Comp. na výrobu elektromotorů.
- r. 1923- Vytvoření nové akciové společnosti EMAG – Elektrizitäts und Maschinenbau Aktien Gesellschaft
- r. 1924- Vstoupila tato firma do vlastnictví firmy Siemens akciová společnost.
- r. 1939- Začlenění do koncernu Siemens – Schuckertwerke AG.
- r. 1995- Udělení certifikátu systému managementu jakosti dle normy EN ISO 9001:1994 závodu firmou LRQA.
- r. 2002- Otevření logistického centra firmy GEIS v Mohelnici. Udělení certifikátu systému managementu jakosti dle normy EN ISO 9001:2000 obchodní oblasti A&D SD
- r. 2010- Zánik společnosti Siemens Elektromotory s.r.o., začlenění závodu Mohelnice jako odštěpného závodu do společnosti Siemens, s.r.o..
- r. 2012-Otevření nové montážní haly a lakovny pro speciální varianty elektromotorů

Odštěpný závod v Mohelnici je tedy dlouhodobým výrobcem nízkonapěťových a asynchronních elektromotorů. Patří mezi největší výrobce elektromotorů ve střední Evropě. V Mohelnici se vyrábí nízkonapěťové asynchronní elektromotory trojfázové o výkonech od 60 W do 30 kW, jednofázové o výkonech od 120 W do 3 kW. [5]

2.2 Užití a složení elektromotorů a současný stav výroby rotoru

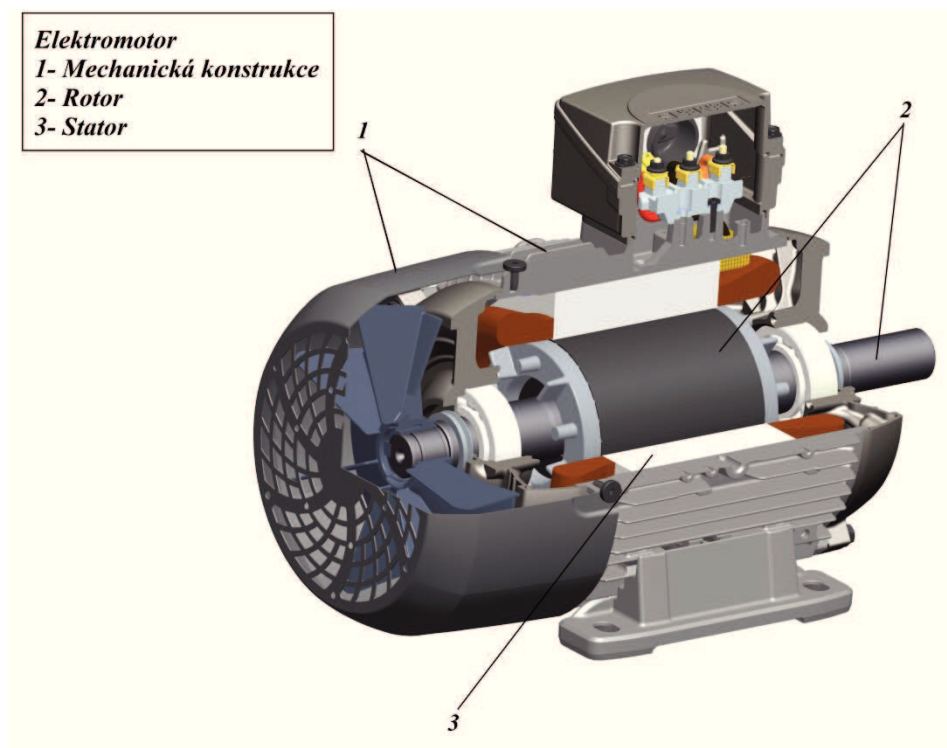
Elektromotor je elektrický stroj, který slouží k přeměně elektrické energie na mechanickou energii. Je založen na využití silových účinků magnetického pole. Na vodič nacházející se v magnetickém poli působí síla úměrná kolmé ortogonální složce magnetické indukce a velikosti elektrického proudu tekoucího vodičem. V konečném důsledku na sebe silově působí dvě spřažená magnetická pole ve společném - spřaženém magnetickém obvodu (statoru, rotoru a vzduchové mezery). Zjednodušeně si lze představit, že se využívá vzájemné přitahování a odpuzování dvou elektromagnetů, nebo elektromagnetu a permanentního magnetu. Sílu a polaritu elektromagnetu můžeme řídit velikostí protékajícího elektrického proudu. Elektromotory rozdělujeme na tři základní typy stejnosměrné, střídavé a univerzální.

Elektromotor má tři základní části (Obr. 1), jednou je mechanická konstrukce. Zde patří všechny nosné části, patky, příruby, ložiskové štíty, kryty, svorkovnice a chlazení. Přenáší reakční síly od hřídele stroje. Zajišťuje dostatečnou mechanickou tuhost a pevnost stroje. Chrání před vniknutím cizích částí a vody do stroje. Zajišťuje oddělení vnějšího a vnitřního prostředí ve stroji (např. nebezpečí výbuchu). Chrání před nebezpečným dotykem pohybujících se částí a dotykem s elektrickými částmi pod napětím = úrazem. Zajišťuje odvod tepelné energie vzniklé ve stroji = chlazení. Mechanická konstrukce stroje má zaručovat, že stroj nebude mechanicky kmitat vlastními kmity. [7]

Další hlavní částí je stator (Obr. 1). Je pevná část stroje, která bývá vnější částí stroje. Na statoru bývají upevněny cívky vinutí s magnetickým obvodem, magnety a elektromagnety. V dutině statoru je pohyblivě umístěn rotor. [7]

Poslední částí je rotor (Obr. 1), otočná část stroje s magnetickým obvodem, vinutím a hřídelí, na které jsou nasazeny kroužky nebo komutátor. Rotor je ta část, ve které se indukuje elektrické napětí. [7]

Stroj je konstruován tak, aby na sebe vhodně vzájemně působila magnetická pole rotoru a statoru a působením vytvářela kroutící moment. Kroutící moment je přenášen na hřídel stroje. Otáčející rotor se vykonává mechanickou práci. Elektrické točivé stroje jsou obvykle konstruovány tak, že se rotující část stroje nachází obvykle uvnitř statoru. [7]



Obrázek 1: Sestava elektromotoru

Elektromotor se dále rozděluje podle osově výšky. Osová výška se určí tak, že se elektromotor položí na rovnou plochu patkami připevněnými k elektromotoru. Elektromotor bez patek nelze změřit. Od rovné plochy se změří vzdálenost k ose elektromotoru, tato vzdálenost je potom osová výška. Rozeznáváme různé osově výšky, které se tak i značí AH 63, 71, 80, 90, 100, 112, 120, 132, 160, 180, 200. Toto označení je po dohodě mezinárodní, i ostatní firmy zabývající se výrobou elektromotoru musí používat a dodržovat toto označení.

V diplomové práci se zabývám výrobou rotoru. Ta se provádí několika způsoby na několika strojích, záleží na dané osově výšce a různých úpravách, podle přání zákazníka. Diplomová práce se zabývá výrobou rotoru do elektromotoru pro osově výšky 100, 112, 120, 132, 160, 180, 200 mm. Výroba rotorů se provádí ve dvou obrobkách, kde první obrobna slouží i jako sklad a tak je celá výroba rotoru kompletní, od surové tyče, po obrábění rotorového svazku a hřídele, až po vyvažování a převedení na montáž.

3 Popis současné výroby rotoru

V diplomové práci se zabývám výrobou rotoru pro osové výšky 100-200 mm. Tento postup výroby je rozdělen do dvou výrobních metod. Obě tyto metody jsou podobné. Jsou zde však značné rozdíly hlavně v automatizaci a v rozdělení typu strojů (Tab. 1). Obě tyto metody jsou však zastaralé, nesplňují požadavky firmy a budou nahrazeny novou metodou výroby, která je rozebrána důkladně v praktické části diplomové práce.

Tabulka 1: Postup současné výroby rotoru

Účel operace	1. metoda výroby	Počet strojů	2. metoda výroby	Počet strojů
Dělení tyčí	VMB 380 DS	1	VMB 380 DS	1
	Metora		Metora	
	PP 361HU Jesenice	1	PP 361HU Jesenice	1
Zarovnání čela, navrtání střed. otvoru	ZAH 620 CNC CZTech Čelákovice	2	ZAH 620 CNC CZTech Čelákovice	2
Soustružení hřídele	SPT 16 NC CZTech Čelákovice	2	SP 12 CNC CZTech Čelákovice	2
Frézování hřídele	Busch CNC NF1 16/14	1	E900 CNC CZTech Čelákovice	1
Lisování hřídele a statorového svazku	PYE25S1 VEP	1	PYE25S1 VEP	1
Broušení ploch rotoru	BHE 505 TOS Hostivař	1	JUFLEX 3000 JUNKER	1
Soustružení povrchu rotoru	SN40 TOS Trenčín	3	SN40 TOS Trenčín	3
Vyvažování rotoru	H20BT SCHENCK	1	H20BT SCHENCK	1
	Expedice rotoru			

Obě metody začínají stejně na skladování a poté dělení tyčí na požadovanou délku. To se provádí na strojích VMB 380 DS Metora a PP 361HU Jesenice. Zkrácené tyče jsou převezeny na zarovnání a navrtání středících otvorů na stroj ZAH 620 CNC od firmy CZTech Čelákovice. Pomocí vysokozdvizného vozíku (dále jen VZV) se předpřipravené tyče přepraví na obrobnu, kde jsou podle osových výšek rozděleny a přistaveny k jednotlivým výrobním hnízdům. U osových výšek AH 100-112 mm jsou přistaveny ke strojům SP12 CNC CZTech Čelákovice a frézky E900 CNC CZTech Čelákovice a u osových výšek AH 132-160 mm ke strojům SPT 16 NC CZTech Čelákovice a frézky Busch CNC NF1 14/16. U obou metod se hřídele obrobí a jsou dopraveny na zalisování. To se provádí na stroji PYE25S1 VEP u obou metod. Rotor je dále obsluhou předán na broušení ploch. Tady je největší rozdíl. Zatím co u metody jedna se brousí na konvenčním stroji BHE 505 TOS Hostivař, u druhé metody se brousí na plně automatickém CNC centru JUFLEX 3000 Junker. Následně je rotor přepraven do předposlední operace pomocí dopravníku, kterou je soustružení povrchu rotoru. Na to jsou použity dva konvenční soustruhy SN40 TOS Trenčín. Na závěr daného výrobního postupu je rotor dopraven k vyvažování ke stroji H20BT SCHENCK. Rotor projde kontrolou a je vyexpedován na montáž (Tab. 1).

V mohelnickém závodě se vyrábí elektromotory osových výšek AH 56-160 (mm). V mé práci se zabývám výrobou rotoru na osových výškách AH 100-200 (mm). Nyní se tedy v Mohelnici elektromotory AH 180,200 (mm) nevyrábí, celá výroba je provedena v Německém závodě. Koncern Siemens AG však plánuje přesunout výrobu do Siemens, s.r.o., o.z. Elektromotory Mohelnice. Celou situaci by měla vyřešit kompletně nová výroba rotoru. Tato metoda je navržena v praktické části.

3.1 Výrobní metoda rotoru pomocí strojů SPT16 NC CZTech a brusky

BHE505 TOS Hostivař

Základním materiálem pro výrobu rotoru je hřídel a rotorový svazek. Hřídel se vyrábí ze surové oceli, která je dodávána do firmy v tyčích o délce 6000 (mm) od externí firmy. Je několik typů tyčí (Tab. 2), jsou rozlišené v použitém materiálu, délce, průměru a zarovnání. Typů hřídelí je daleko více, záleží však na přáních a požadavcích zákazníka. Tyto typy hřídelí jsou ojedinělé a nejsou zahrnuty do sériové výroby z důvodů kapacit, vyrábí se pouze v kusové a hromadné výrobě.

Tabulka 2: Materiály a průměry tyčí

Seznam typů hřídelí	Použité průměry (ø)
E335	15, 16, 18, 20, 22, 26, 28, 30, 32, 35, 37, 38, 42, 45, 48, 50, 52, 55, 60, 65, 68, 70, 75
E360	26, 28, 32, 36, 38, 42, 50, 52, 55
12050.0 12050.1 12050.6	22, 26, 28, 38, 50, 55
12060.0	18
12061.0	18, 20, 22, 26, 32, 38, 42, 52
13240.6	22, 26, 32, 38
14140.7	18, 22, 26
14220.3	22
15241.6	38, 40
17145.6	18, 22, 25, 26
12050 (1.0503)	22, 26, 28, 38, 50, 55
1.4021 (QT800)	26, 32, 35, 38, 45, 50, 52, 55, 65, 70
1.4057	18, 22, 26, 32, 38, 52, 55
1.4571	23, 42, 55, 65, 70
1.6582	23
C45R+C	32, 38, 50

Tyče putují do skladu a zároveň obrobny, kde se jednotlivé tyče zkrátí na požadovanou délku na pásové pile. Podle osové výšky a průměru se dělí na dvou různých pilách, kde je maximální příjezdové lože 6000 mm (Obr. 2). Hodinová produkce se liší podle průměru surové tyče. Při menším průměru se dá do pily vložit i několik tyčí na sebe najednou.



A) VMB 380DS Metora



B) PP 361HU Jesenice

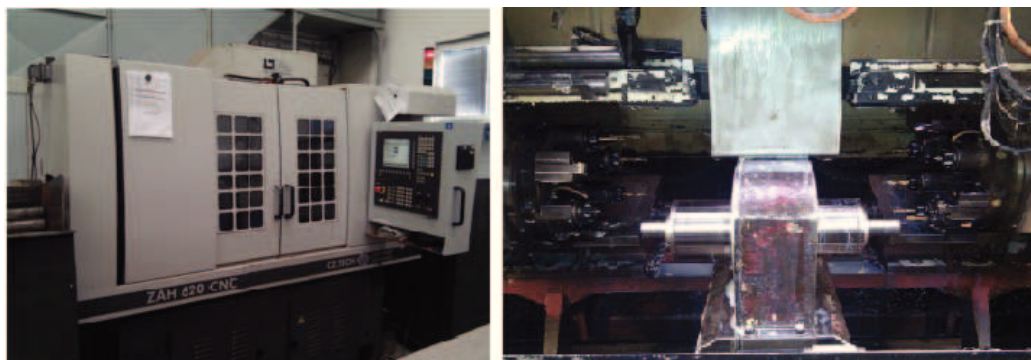
Obrázek 2: Typy pil

Po zkrácení na jednotlivé délky jsou surové tyče v paletách přistaveny na zarovnání čel a navrtání středících důlků. To se provádí na stroji ZAH620 CNC od firmy CZTech Čelákovice (Obr. 3). Stroj je vybaven speciálním odebíracím zařízením a dvěma revolverovými hlavami o 12 pozicích pro nástroje. Tyto hlavy pracují na sobě nezávisle (Tab. 3).

Tabulka 3: Pozice nástrojů na ZAH 620 CNC

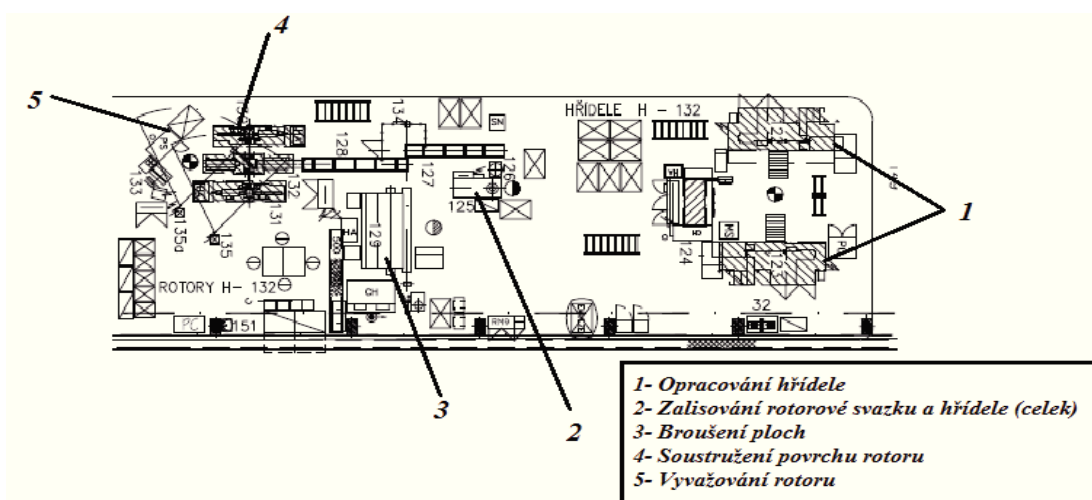
Pozice	Revolverová hlava- levá	Revolverová hlava- pravá
1. Pozice	Nož. držák MWLNR 2020K-08W	Nož. držák MWLNR 2020K-08W
2. Pozice	Vrták Ø9,3mm / stopka Ø10mm	Vrták Ø9,3mm / stopka Ø10mm
3. Pozice	Tvar. navrtávák pravý Ø10x60°x120°/20mm	Tvar. navrtávák pravý Ø10x60°x120°/20mm
4. Pozice	Navrtávák pravý B3,15 (B2,5) pravý	Navrtávák pravý B3,15 (B2,5) pravý
5. Pozice	Vrták Ø11,3mm / stopka Ø12mm	Vrták Ø11,3mm / stopka Ø12mm
6. Pozice	Tvař. závitník M12 pravý	Tvař. závitník M12 pravý
7. Pozice	Tvař. závitník M10 pravý	Tvař. závitník M10 pravý

Nejprve se tyč zarovná, poté se navrtá středící otvor pomocí vrtáku. Otvor se zahloubí a na závěr vytvoří závit. Pro hřídele na osové výšky AH 100-160 mm se tyče zarovnávají se závitěm M10 a M12. Je zde možnost vyrobit tyč i bez závitu a nebo vyrobit tyč s různou délkou středícího otvoru. Tento požadavek však závisí na přání zákazníka. Zarovnané tyče jsou následně uloženy do plechových palet a jsou převezeny VZV podle potřeby do druhé obrobny.



Obrázek 3: ZAH620 CNC CZTech Čelákovice

Podle výroby a množství zakázek se jednotlivé palety rozvezou k požadovanému stroji nebo tzv. výrobní lince. Tyto linky jsou tvořeny několika stroji, které jsou u sebe postaveny a provádí kompletní výrobu hřídele včetně úprav (Obr. 4). Tyto linky obsluhuje podle složitosti výroby několik zaměstnanců. Většina výroby je na třísměnné provozy, jsou zde i ojedinělá pracoviště s nepřetržitým provozem o jedné směně 12 hod/denně na jednoho zaměstnance. Jednotlivé výrobní linky jsou rozděleny podle osových výšek výroby elektromotoru. A proto je i celá obrobna včetně strojů tak uspořádána z důvodů výrobních kapacit (Obr. 4).



Obrázek 4: Rozmístění pracovních strojů

První operací je výroba samotné hřídele. Poté co máme surovou tyč zarovnanou a vyvrtané středící důlky, upneme hřídel mezi hroty ve stroji SPT 16 NC od firmy CZTech Čelákovice (Obr. 5) s operačním systémem a ovládacím panelem Sinumerik 840D od firmy Siemens. Stroj je vybaven dvěma revolverovými hlavami o pěti polohách pro upnutí nástroje. Obě tyto hlavy jsou využity. V první horní hlavě jsou upnuty nože na hrubování, soustružení na hotovo a zápichů. V druhé hlavě jsou upnuty

nože na soustružení v protisměru a obrábění druhé poloviny hřídele. Při manipulaci s hlavami se však pohybují jako celek. Proto se musí dát pozor na kolizi stroje (Tab. 4).

Tabulka 4: Poloha a typ nástrojů SPT16 NC

SPT 16 NC Polohy nástrojů		
1. Revolverová hlava (dolní support)	Nožový držák	Řezná břitová destička
1. Pozice	PCLNL 25x25 M15	CNMG 120408
2. Pozice	SER (L) 2020	TN 16 ER (L) 265 ZZ
3. Pozice	PDJNL 25x25 M15	DNMG 150608
4. Pozice	SER (L) 2020	TN 16 ER (L) 185 ZZ
5. Pozice	SER (L) 2020	TN 16 ER (L) 160 ZZ TN 16 ER (L) 130 ZZ TN 16 ER (L) 110 ZZ
2. Revolverová hlava (horní support)	Nožový držák	Řezná břitová destička
1. Pozice	PDJNR 25x25 M15	DNMG 150608
2. Pozice	PDJNR 25x25 M15	DNMG 150608

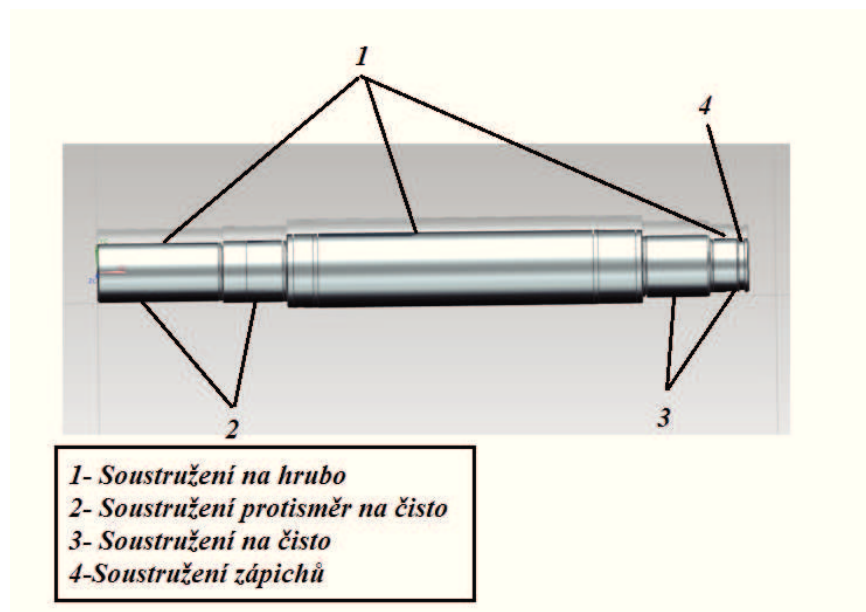
Při upnutí mezi hroty se do vřetena stroje vloží pevný unášec. Do pinoly stroje se vloží hrot. Hrot je celistvý s upínacím Morse kuželem 3 nebo 4. Rotace tohoto hrotu je zajištěna díky speciálně uloženým ložiskům v pinole stroje. Toto uložení je z dlouholetého hlediska lepší, než kdyby ložiska byla uložena v hrotu. Dochází k častějšímu opotřebení tohoto hrotu. Velikost samotného upínacího kužele je dána podle průměru hřídele a navrtaného otvoru na upínání. Obsluha má na výběr několik typů unášeců a hrotů. Pokud však hrot má velké zkosení, že by mohlo dojít ke kolizi nože a hrotu, je hrot zbroušen na bezpečnější úhel, ale až za upínací částí. Toto broušení si provádí firma samostatně v nástrojárně.



Obrázek 5: Pracovní oblast stroje SPT16 NC

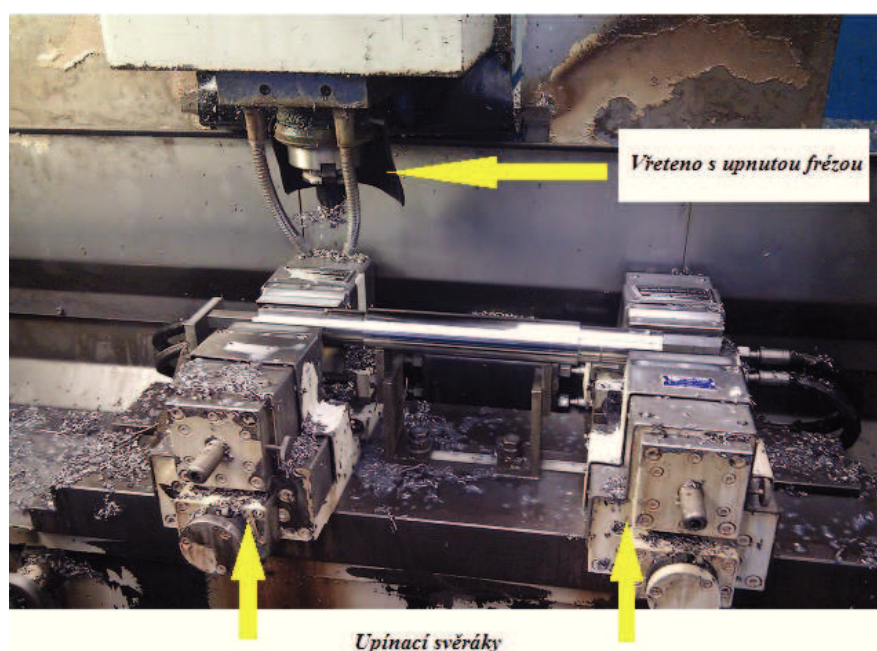
Hřídel je přivedena do stroje pomocí speciálního dopravníku, který do stroje tyče vkládá a zároveň hotové hřídele odebírá. Stroje jsou automatické a pracují formou CNC programů. Každá osová výška má přibližně 300 provedení hřídelí a tím i programů, samozřejmě se tento počet liší různou osovou výškou elektromotoru. Programy podle složitosti jsou programovány ručně, nebo v poslední době počítačově podle typu hřídele. Programuje se v programu NX Cam od firmy Siemens.

Celý proces výroby probíhá automaticky. Nejprve přivedená tyč je obrobena na hrubo s přídavkem na obrábění. Na čisto jsou obrobena jen osazení pro zalisování, není zde tak velký požadavek na přesnost. Následnou operací je soustružení v protisměru, kde jsou některé rozměry soustruženy na přesný rozměr. Po výměně nože proběhne závěrečné soustružení rozměrů. Některé plochy musí mít větší drsnost povrchu a přesnost. Ta se provádí při následné operaci broušení. Na hřídeli musí být i vyhotoveny drážky, ty se obrábí v následné operaci. Hřídel je poté hotová a může být předána na další část výroby (Obr. 6).



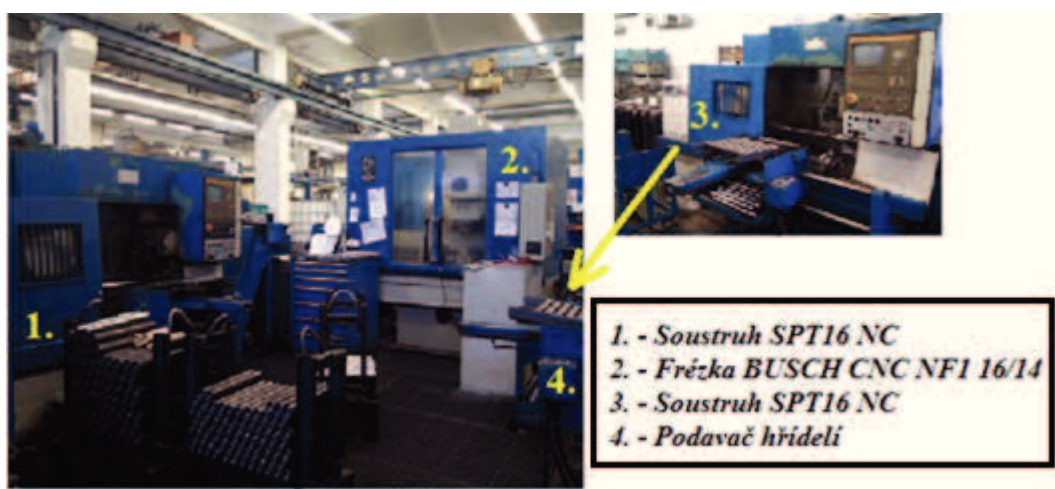
Obrázek 6: Soustružení hřídelí

Z podavače hotové hřídele obsluha odebírá a vkládá do frézky typu Busch CNC NF1 16/14 (Obr. 7). Frézky jsou také automatické a pracují na stejném operačním a ovládacím systému. U frézky však není žádný podavač a tudíž musí obsluha každou hřídel vkládat a odebírat ručně a vkládat do předem připravených palet. Ve stroji jsou hřídele upnuty do dvou svěráků a do předem připraveného přípravku (Obr. 7). Tím je zajištěna hřídel proti vychýlení a pootočení a nedochází proto k nesprávnému frézování.



Obrázek 7: Pracovní oblast frézky BUSCH CNC NF1 16/14

Ve frézce se na jednotlivých hřídelích frézují drážky, do kterých se poté na montáži upevní brzdy nebo ventilátory. Průměr drážek se liší podle typu elektromotoru. Dané drážky se frézují od průměru 2,8 – 12 mm. Po vyjmutí hřídele se hotová hřídel vkládá opět do plechové palety a je za pomoci VZV převezena k dalšímu pracovišti. Na všechny tyto tři stroje je zapotřebí jen jedna pracovní síla z důvodu automatizace CNC soustruhů (Obr. 8).



Obrázek 8: Pracoviště opracování hřídelí

U dalšího pracoviště se poprvé setká rotorový svazek a samotná hřídel. Rotorový svazek je vyráběn v lisovně přímo v Mohelnici. Svazek je vyráběn ze slitiny hliníku (Al226+Al99,6), tento poměr slitiny je určen tak, že na 250 kg - Al226 přidá 28 kg - Al99,6. Tento poměr je určen z důvodu zlepšení a zvýšení vodivosti rotoru v elektromotoru. Další kombinací je slitina hliníku + mědi a oceli. Do předchozí slitiny (Al226+Al99,6) se vloží měděné pláty, celkově rotor poté zlepšuje účinnost elektromotoru (Tab. 5). Je to náhrada za celoměděný rotorový svazek. Tento typ rotorového svazku si nechala firma Siemens, s.r.o., o.z. Elektromotory Mohelnice i patentovat. [1]

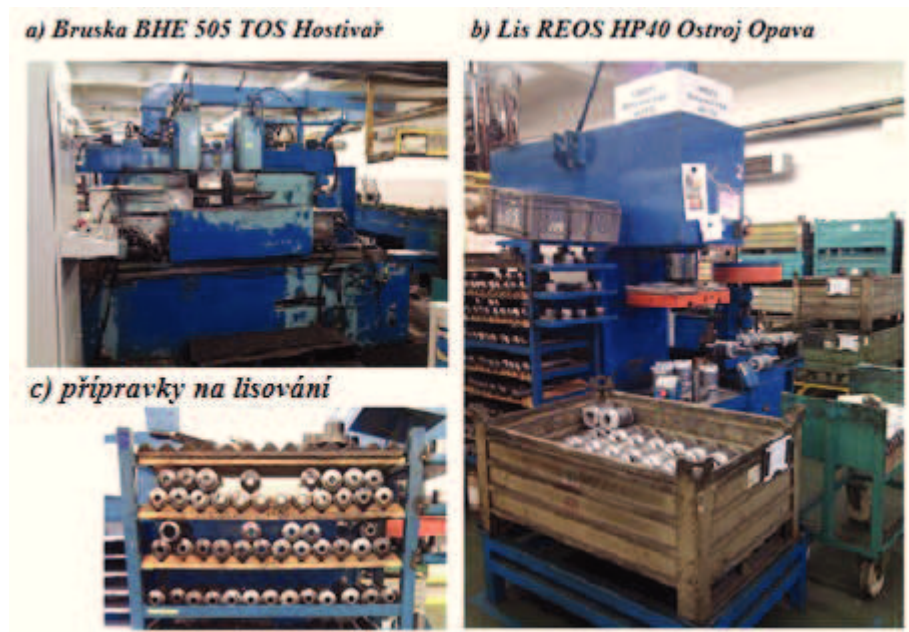
Tabulka 5: Chemické a mechanické složení slitin [13], [14]

Al226 (EN AB-AlSi9Cu3(Fe))	
Chemické složení	Množství (%)
Si	8,0-11,0
Fe	0,6-1,1
Cu	2,0-4,0
Mn	0,55
Mg	0,15-0,55
Cr	0,15
Ni	0,55
Zn	1,2
Pb	0,35
Sn	0,25
Ti	0,2
Mechanické vlastnosti	
Pevnost v tahu (Rm)	240 (Mpa)
Mez kluzu (Rp)	140 (Mpa)
Elektrická vodivost	13-27 (Ms/m)
Tepelná vodivost	110-120 (W/m ^{°K})
Interval tuhnutí	600-490 (°C)
Licí teplota	650-700 (°C)

Al99,6 (EN 573-3 AlMgSi)	
Chemické složení	Množství (%)
Si	0,30-0,70
Fe	0,05-0,40
Cu	0,1
Mn	0,1
Mg	0,40-0,90
Cr	0,1
Zn	0,2
Ti	0,05-0,20
Ostatní	0,15
Mechanické vlastnosti	
Pevnost v tahu (Rm)	170-195 (Mpa)
Mez kluzu (Rp)	140-150 (Mpa)
Tažnost (A)	6 (%)

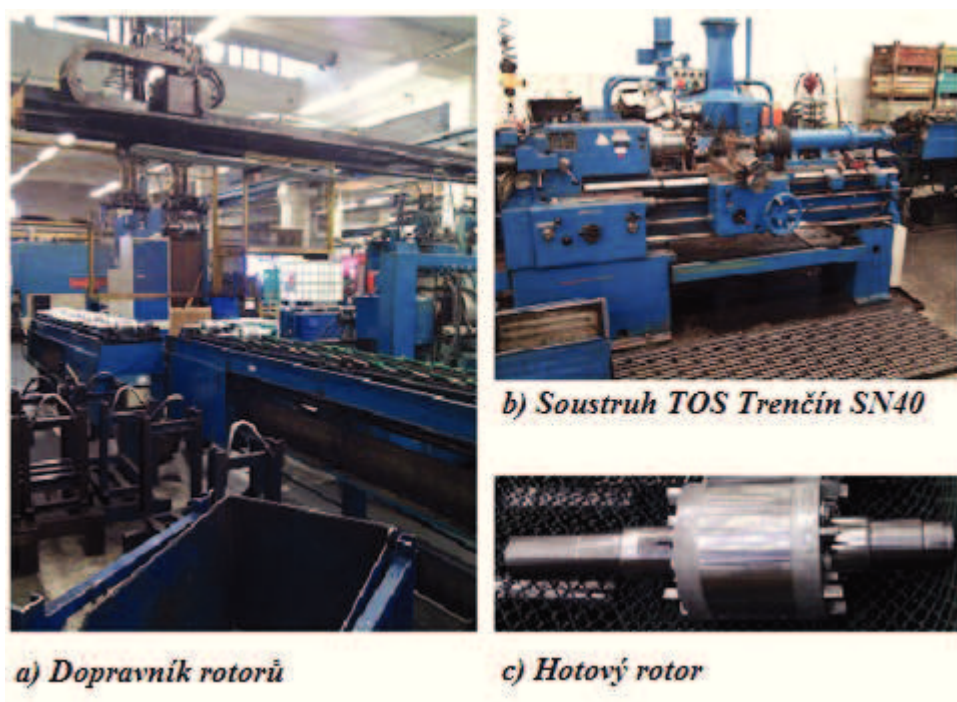
Dojde tedy k zalisování předem připravené hřídele a rotorového svazku za pomoci přípravku pro lis PYE 63S1 od firmy VEP (Obr. 9). Před nalisováním si obsluha lisu musí vybrat daný přípravek podle typu hřídele, délky zalisování a průměru hřídele. Po zalisování vznikne samotný výrobek, který se nazývá rotor.

Samotný rotor je poté dopraven na broušení ploch hřídele (Obr. 9). Tyto plochy pro broušení jsou předem určené a brousí se z důvodu lepší montáže a výdrže ložisek v elektromotoru a kvůli těsnícím prvkům. Toto broušení je prováděno na ruční brusce BHE 505 od firmy TOS Hostivař. Obsluha lisu a brusky vyjme obroušený rotor a vloží jej na speciální dopravník.



Obrázek 9: Zalisování hřídele do rotorového svazku

Dopravník zajišťuje dopravu k soustruhu SN40 TOS Trenčín (Obr. 10). Tento stroj je určen k finálnímu obrábění povrchu rotoru. Stroj je vybaven speciálním podavačem, který rotor uchytí z dopravníku a upevní do stroje (Obr. 10). Po osoustružení povrchu obsluha sama rotor vyjme a podavač mezitím vloží nový kus do stroje. Tím je dokončena poslední obráběcí operace a rotor má finální tvar a rozměr. Každý pátý kus se pomocí kalibrů a posuvného měřítka přeměří a zkontrolují se požadované tolerance.



Obrázek 10: Opracování a vyvažování rotorů

Následně rotor putuje k vyvažovacímu stroji H20BT SCHENCK, kde obsluha rotor upevní, vyzkouší a vyváží, aby nedocházelo k házivosti rotoru a rotor byl rovnoměrně vyvážen (Obr. 11). Pokud při vyvažování není rotor dostatečně vyvážen, obsluha pomocí ruční pneumatické příklepové vrtačky upevní na rotor v daném místě potřebné množství závaží. To je poslední operace na této lince, poté je rotor předán na montáž, kde dochází k finální montáži rotoru do elektromotoru. Při rozjíždění nového typu výroby rotoru se vždy musí prvních pět rotorů vyrobených odevzdat na speciální 3D měření, kde proškolená obsluha vše přeměří a umožní případnou výrobu.



Obrázek 11: Vyvažovací stroj H20BT SCHENCK

3.2 Výrobní metoda rotoru pomocí strojů SP12 CNC a brusky

JUFLEX 3000

Prvotním krokem a prvkem je ocelová tyč, typ je stejný jako v předchozím případě. Surová tyč se vloží do již předem zmíněné pily a to buď do VMB 380DS Metora, nebo PP361HU TM Jesenice. Princip zkrácení je stejný. Poté se zkrácené tyče převezou na zarovnání a navrtání středících důlků ke stroji ZAH620 CNC.

Předem připravené tyče se převezou pomocí VZV na obrobnu rotorů, kde jsou umístěny ke strojům na opracování hřídelí. Stroje tvoří soustruhy SP12 CNC od firmy CZTech Čelákovice. Tyto stroje opracovávají hřídele na přesný rozměr. Tyče jsou do stroje vkládány mezi hroty, podle průměru daných tyčí. Fungují na řídicím systému Sinumerik 840D od firmy Siemens. Stroje jsou vybaveny pohyblivou revolverovou hlavou pro upínání nožů. Revolverová hlava má 8 pozic pro nástroje. Je využito všech těchto pozic (Tab. 6). Stroje jsou vybaveny stejným podavačem jako u předchozí metody.

Tabulka 6: Poloha nástrojů SP12 CNC

SP 12 CNC Polohy nástrojů		
Revolverová hlava	Nožový držák	Výměnná břitová destička
1. Pozice	PCLNCL 25x25	CNMG 120408
2. Pozice	PDJNR 25x25 M15	DNMG 150608
3. Pozice	PDJNL 25x25 M15	DNMG 150608
4. Pozice	SER (L) 2020	TN 16 ER (L) 130 ZZ
5. Pozice	SER (L) 2020	TN 16 ER (L) 160 ZZ
6. Pozice	SER (L) 2020	TN 16 ER (L) 110 ZZ
7. Pozice	SER (L) 2020	TN 16 ER (L) 185 ZZ
8. Pozice	SER (L) 2020	TN 16 ER (L) 265 ZZ

Obsluha do podavače tyče vkládá a hotové hřídele spodkem odebírá. Nyní se hřídel vloží do frézky typu E900 CNC CZTech Čelákovice (Obr. 12). Ve frézce se frézují potřebné drážky na ventilátory a případnou brzdu, záleží na provedení.

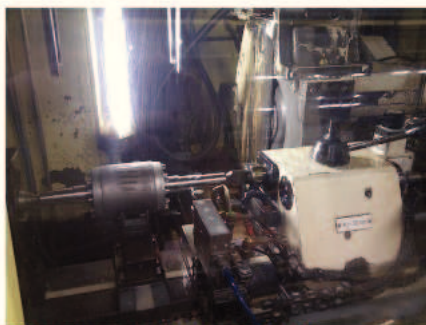


Obrázek 12: Pracoviště opracování hřídelí z SP12 CNC

Hotové hřídele putují k lisu PYE25S1 VEP, kde se stejným způsobem zalisuje hřídel do předem připraveného rotorového svazku a vznikne nám už zmíněný rotor. U této montážní linky dojde k jedné z největších změn při broušení, protože zde není mechanická bruska ale CNC centrum JUFLEX 3000 JUNKER Mělník na broušení se speciálním podavačem (Obr. 13). Tento stroj je plně automatický, funguje řídicím systémem Sinumerik. Navíc oproti předchozí metodě je vybaven automatickým dopravníkem.



a) CNC centrum JUFLEX 3000 JUNKER



b) Pracovní prostor stroje JUNKER



c) Automatický dopravník

Obrázek 13: Broušení rotorů

Obsluha zalisovaný rotor vloží na dopravník před CNC centrem, rotor projde centrem a na druhé straně vyjde ze stroje. Dopravník je také plně automaticky a pomocí čidel přivede rotor soustruhům na opracování povrchu rotoru (Obr. 13). Čidla jsou umístěna po celém dopravníku a dávají signál pro další posunutí rotorů. Rotory jsou tedy přivedeny k soustruhům SN40 TOS Trenčín, které jsou stejné jako v předchozí metodě. Na soustruzích se osoustruží povrch rotoru. Poté jde rotor do finální fáze, kde se vyváží, zkontroluje a pošle na expedici. Vyvažování se provádí také na stejném stroji H20BT SCHENCK.

4 Návrh nových technologií opracování rotorů

V dnešní době je požadován největší tlak na automatizaci, rychlost a kvalitu vyrobených součástí. Společnost Siemens AG patří už několik let na trhu ke špičkám ve svém oboru v několika odvětvích. K tomuto úspěchu se však musí pořád zdokonalovat. Současná výroba je kvalitní, ale není však na současnou dobu uspokojující pro zákazníka. Proto se Siemens, s.r.o, o.z. Elektromotory Mohelnice rozhodl tuto výrobu rotorů zdokonalit, na výběr jsou určeny tři technologie (Tab. 7). Všechny tři jsou rozdílné, ale zaručují automatizaci, spolehlivost a kvalitu při výrobě rotoru na několik let.

Tabulka 7: Návrh nových technologií na výrobu rotoru

Návrh technologií na výrobu rotoru				
Účel operace	1. Metoda výroby	Počet strojů	2. Metoda výroby	Počet strojů
Dělení tyčí	VMB 380 DS Metora	1	VMB 380 DS Metora	1
	PP 361HU Jesenice	1	PP 361HU Jesenice	1
Zarovnání čela, navrtání střed. otvoru	EMAG 250 / 250 DUO 1. poloha	1	ZAH 620 CNC CZTech	1
Soustružení hřídele	EMAG 250 / 250 DUO 2. poloha	1	1. varianta: SP 280 MAS Kovosvit 2. varianta: DMG NEF 600 Gildenmeister	2
Frézování hřídele	EMAG 250 / 250 DUO 3. poloha	1	1. varianta: SP 280 MAS Kovosvit 2. varianta: DMG NEF 600 Gildenmeister	2
Lisování hřídele a statorového svazku	PYE25S1 VEP	1	PYE25S1 VEP	1
Broušení ploch rotoru	x		x	
Soustružení povrchu rotoru	SN40 TOS Trenčín	2	SN40 TOS Trenčín	2
Vyvažování rotoru	H20BT SCHENCK	1	H20BT SCHENCK	1
Expedice rotoru				

U všech metod je vstupním materiálem tyč o délce 6000 mm, ta je zkrácena na požadovanou délku. U návrhu první výrobní linky a první výrobní metody zůstávají stejné stroje na dělení tyčí VMB 380 DS Metora a PP 361HU Jesenice. Po rozdělení tyčí jsou tyče převezeny VZV k automatizovanému výrobnímu centru EMAG VTC 250 / 250 DUO který je vybaven dvěma plně automatizovanými a zároveň na sebe nezávislými vřeteny a třemi revolverovými hlavami pro upínání nástrojů. Zde je tyč zarovnána, jsou navrtány středící otvory a závity. V další fázi se tyč osoustruží a vyfrézují se drážky pro pera. Stroj svou kvalitou zvládne hřídele soustružit na hotovo, tudíž není zapotřebí při další operaci bruska pro broušení hran hřídelí. Hotová hřídel je připravena k lisu PYE25S1 VEP, hřídele se zalisují do rotorového svazku. Rotor je přiveden po dopravníku k soustruhům SN50C TOS Trenčín, kde se soustruží povrch rotoru. V poslední operaci je rotor vyvažován na stroji H20BT Schenck. Následně je zkontrolován a připraven k expedici (Tab. 7).

Ve druhé metodě je výroba poněkud pozměněna. Krácení tyčí zůstává, potom však dojde k obrábění na stroji ZAH 620 CNC CZTech, kde se tyče zarovnají, navrtají středící důlky a vrtají závity. Poté jsou dopraveny VZV k obráběcímu hnízdu, které je tvořené dvěma CNC soustruhy SP280 MAS Kovosvit. Zde se tyče soustruží na hřídele přesného rozměru a frézují drážky na pera. Při odebrání ze stroje se hřídele předají rovnou bez broušení k lisu PYE25S1 VEP, kde vznikne rotor. Rotor je po dopravníku přiveden k soustruhům SN50C TOS Trenčín, kde se soustruží povrch. Na závěr se rotor vyváží, zkontroluje a expeduje (Tab. 7).

Druhá metoda je se strojem SP280 MAS Kovosvit, dala by se však i nahradit na stejné pozici v obrábění i strojem DMG NEF 600 Gildenmeister. Stroj by prováděl ty samé úkony jako SP280 MAS Kovosvit. Daná výroba se liší pouze výrobcem, parametry stroje, vzhledem a cenou (Tab. 7).

4.1 Výrobní linka pro výrobu rotoru strojem EMAG VTC 250 / 250 DUO

Současná výrobní linka se stroji SP12 CNC CZTech je kvalitní. V dnešní době je však kladen obrovský důraz na kvalitu, kvantitu a spokojenost zákazníka. Proto se firma Siemens rozhodla tuto výrobu modernizovat.

Celá linka začíná ve skladě surových tyčí, které jsou dodány od externí firmy. Tyče jsou vloženy na jednu z dvou pil VMB 380 DS Metora a PP 361HU Jesenice, kde se zkracují na požadovanou délku podle osově výšky a přání zákazníka. Po úvodní operaci dochází dále k největšímu rozdílu. Zkrácené tyče jsou v paletě převezeny VZV na obrobnu rotorů.

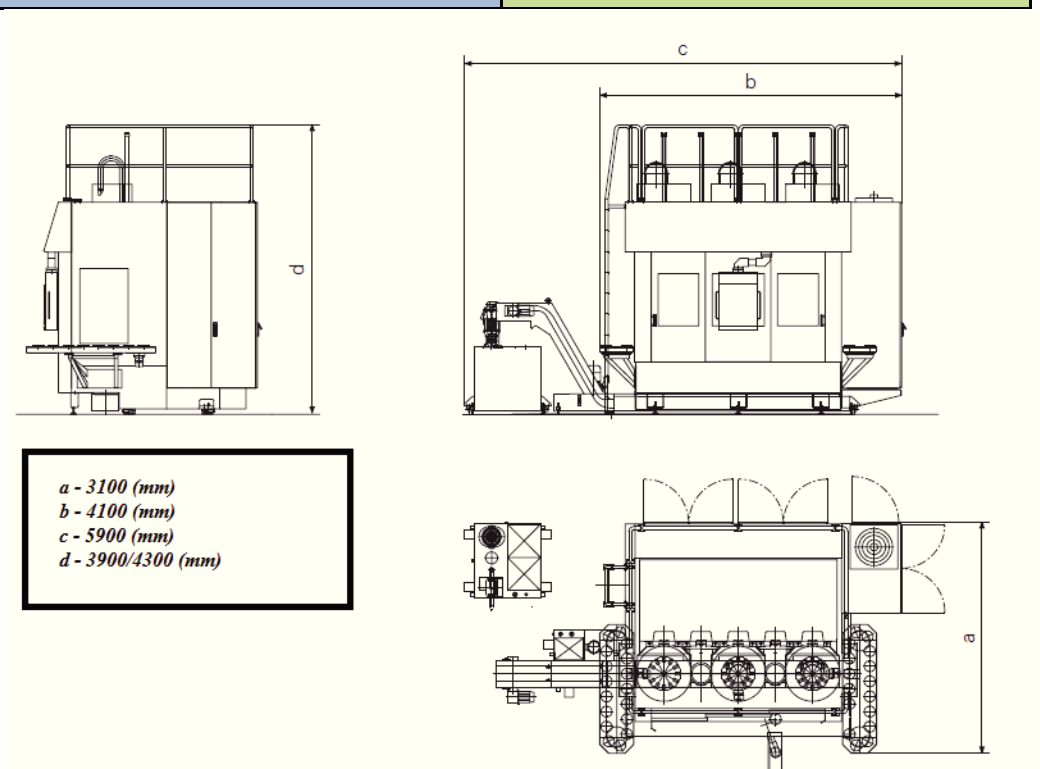
Zde se nachází výrobní linky v řadách a každá obsahuje CNC multifunkční centrum EMAG VTC 250 / 250 DUO. Tento stroj je na svém trhu špičkou v automatizaci a kvalitě. Firma EMAG stroj upraví podle přání firmy Siemens, s.r.o., o.z. Elektromotory Mohelnice (Obr. 14). [8]



Obrázek 14: EMAG VTC 250 / 250 DUO [8]

Tabulka 8: Technické parametry EMAG VTC 250 / 250 DUO [8]

Technické parametry	
Průměr sklíčidla	250 (mm)
Průměr obrobku	140 (mm)
Délka v X / ZX / Z	300/740 (mm)
Délka max.	630/1000 (mm)
Hmotnost max.	20 (kg)
Upínací čas	4,6 (s)
Hlavní vřeteno	
Hlavní vřeteno	2 (možnost navýšení)
Hlava vřetena	DIN 55 026 velikost 6
Ložiska vřetena - čelní průměr	110 (mm)
Otáčky max.	5000 (1/min)
Výkon	
Výkon při zatížení	40 /100 % (kW)
Rychloposuv X/Z	30/40 (m/min)
Upínací síla	9,4/10 (kN)
Kuličkový šroub průměr	32/40 (mm)

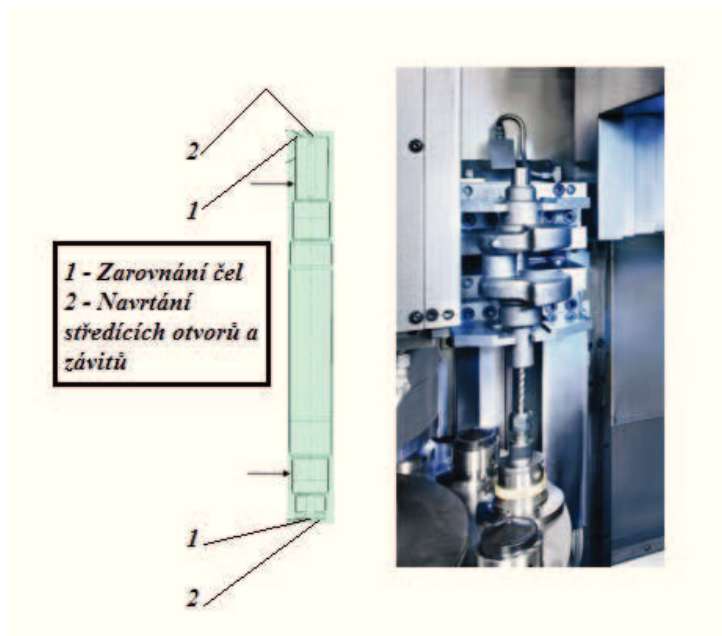
**Obrázek 15: Rozměry stroje EMAG VTC 250 / 250 DUO [8]**

Stroj obsahuje dvě vertikální vřetena pro obrábění. Každé je plně automatické a nezávislé na druhém. Vřeteno má navíc k dispozici vlastní revolverovou hlavu pro upínání nožů a vlastní sadu hrotů pro upínání hřídelí (Obr. 16). Stroj je vybaven speciálním dopravníkem pro přivedení hřídele do stroje a odebrání hřídele do stroje.



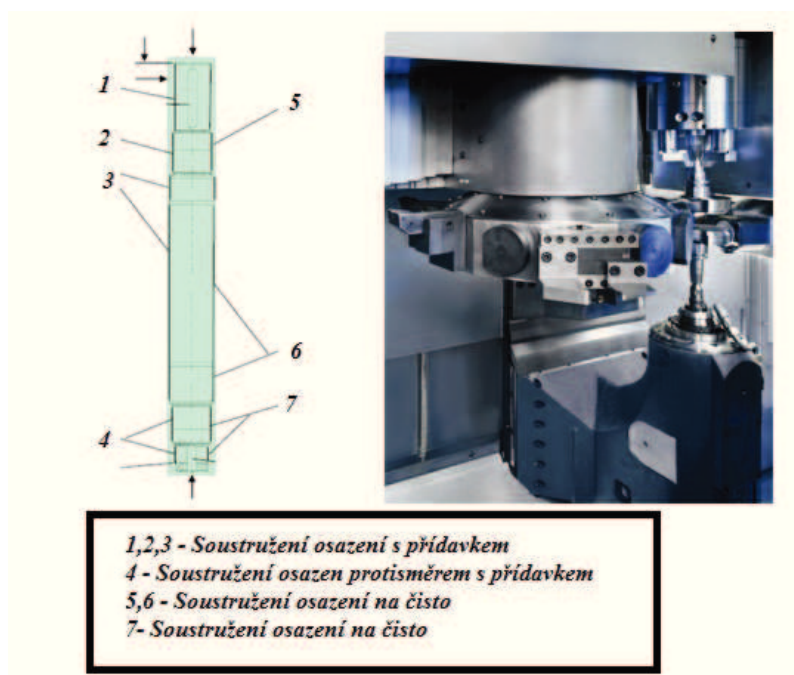
Obrázek 16: Pracovní prostor EMAG VTC 250 / 250 DUO [8]

Celý stroj je vybaven operačním systémem Siemens Sinumerik 840D. Obsluha musí být speciálně proškolená k ovládání a manipulaci se strojem. Celý stroj pracuje tak, že jsou tyče vloženy na speciální dopravník. Stroj si tyč odebírá a vloží do vně stroje, na prvním vřetenu dochází k podobnému upínání jako na stroji ZAH 620 CNC CZTech, jen se nachází ve vertikální poloze (Obr. 17). Hlavní rozdíl je v tom, že poháněné jsou nástroje a nikoliv tyč upnutá v upínacím zařízení. V této první fázi a poloze má vřeteno k dispozici revolverovou hlavu s poháněnými nástroji. Upnutá fréza tyč zároveň na obou stranách a poté poháněné vrtáky navrtají středící otvory a závity. Celý tento výrobní proces trvá podle výpočtu od firmy EMAG v průměru 1,25s.



Obrázek 17: Zarovnání a obrobení tyče [8]

V druhé operaci dochází k odepnutí tyče z upínacího zařízení a pomocí robota vyjmutí a vložení do druhého vřetena, kde je tyč upnuta mezi hroty (Obr. 18). Poté je obrobena hřídel podle výrobní dokumentace a předepsané přesnosti. Celá hřídel je obrobena v takové kvalitě, že není potřeba při pozdější operaci bruska na broušení hran.



Obrázek 18: Obrábění hřídele na stroji EMAG VTC 250 / 250 DUO [8]

Poslední operací je, že hřídel zůstane upnuta. Použije se třetí revolverová hlava s nástroji. V ní jsou upnuty nástroje pro frézování drážek pro brzdy a ventilátory. V této revolverové hlavě jsou upnuty nástroje s vlastním pohonem a hřídel tedy zůstává v klidné poloze. Celé obrábění na stroji je dovršeno tím, že pomocí robota je ze stroje hřídel vložena zpět na připravený dopravník.

Po dopravníku je hřídel automaticky přivedena ke kontrole rozměrů. To je prováděno na optickém měřicím přístroji. Z důvodu velkých požadavků na přesnost rozměrů je proměřován každý kus. V případě neshody s požadovanou tolerancí, jsou stroje propojeny a měřicí zařízení dá zpětnou vazbu obráběcímu centru a ten rozměry automaticky seřídí. Pokud hřídel je ve stavu, kdy se nebude dát chyba opravit, je zastaven celý chod centra a je dán impuls obsluze a dojde k informování o problému. V úvahu připadá i automatické dotykové měřicí zařízení. Obě varianty by splňovali požadavky firmy Siemens. Záleží však na firmě jaký přístroj a metodu zvolí.

Jak je zmíněno, tak ve stroji jsou tři revolverové hlavy na upínání nástrojů. Každá revolverová hlava má kapacitu 12 pozic pro upnutí nástrojů. První slouží k obrábění tyče pro zarovnání a vrtání otvorů. Druhá slouží k obrábění hřídele a třetí k frézování drážek a dokončovacích prací na hřídeli (Tab. 9).

Tabulka 9: Nástroje EMAG VTC 250 / 250 DUO

EMAG VTC 250 / 250 DUO nástroje		
1. Revolverová hlava		
1. pozice	Nož. držák MWLNR 2020K-08W	
2. pozice	Vrták Ø9,3mm / stopka Ø10mm	
3. pozice	Tvar. Navrtávák pravý Ø10x60°x120°/20mm	
4. pozice	Navrtávák pravý B3,B15 (B2,5) pravý	
5. pozice	Vrták Ø11,3mm / stopka Ø12mm	
6. pozice	Tvar. Závítník M12 pravý	
7. pozice	Tvar. Závítník M10 pravý	
2. Revolverová hlava		
1. pozice	PCLNL 25x25 M15	CNMG 120408
2. pozice	PDJNL 25x25 M15	DNMG 150608
3. pozice	PDJNR 25x25 M15	DNMG 150608
4. pozice	PDJNR 25x25 M15	DNMG 150608
5. pozice	SER (L) 2020	TN ER (L) 130ZZ
6. pozice	SER (L) 2020	TN ER (L) 160ZZ
7. pozice	SER (L) 2020	TN ER (L) 185ZZ
8. pozice	SER (L) 2020	TN ER (L) 110ZZ
9. pozice	SER (L) 2020	TN ER (L) 265ZZ
3. Revolverová hlava		
1. pozice	FA3AH0570BDK30	KC 625
2. pozice	FA3AH0775BDK30	KC 625
3. pozice	FA3AH0970BDK30	KC 625
4. pozice	FA3AH1070BDK30	KC 625
5. pozice	FA3AH1170BDK30	KC 625
6. pozice	PDJNR 25x25 M15	DNMG 150608
7. pozice	PDJNL 25x25 M15	DNMG 150608
8. pozice	Brusný kotouč	

Po celém procesu obrábění hotové hřídele odpadne frézování na frézce a broušení na brusce. Tím se získá prostor i čas a přitom kvalita hřídelí je stejná, není-li ještě na lepší úrovni. Celková produkce se tím zrychlí a automatizuje. Hřídele vložené do palety budou převezeny k lisu PYE25S1 VEP, kde se zalisuje hřídel do rotorového

svazku a vznikne sestava rotoru. Obsluha vloží rotor na speciální dopravník s vlastní redukcí rotorů a ty jsou dopraveny ke strojům SN50 TOS Trenčín (Obr. 19).

SN50 jsou univerzální soustruhy určené k malosériové až sériové výrobě. Díky špičkové kvalitě jsou určeny pro jakoukoliv profesionální výrobu, jsou vybaveny motorem o výkonu 5,5 kW. Tyto stroje jsou lepší, novější a spolehlivější variantou než dosavadní SN40 TOS Trenčín (Tab. 10). [9]



Obrázek 19: SN50 TOS Trenčín [9]

Tabulka 10: Technické parametry SN50 TOS Trenčín [9]

Technické parametry SN50 TOS Trenčín		
Pracovní rozsah		
Max. oběžný průměr	500	(mm)
Max. soustružený průměr nad supportem	270	(mm)
Max. soustružený průměr v přelomení	700	(mm)
Vzdálenost hrotů	1000,1500,2000	(mm)
Výška hrotů nad ložem	250	(mm)
Šířka lóže	340	(mm)
Hlavní vřeteno		
Vnitřní kužel ve vřeteně	Morse 6	(mm)
Vrtání vřetena	52	(mm)
Průměr vřetena pod předními ložisky	80	(mm)
Min. otáčky vřetena	22	(mm-1)
Max. otáčky vřetena	2000	(mm-1)
Počet převodových stupňů	24	

Pohon vřetena		
Výkon elektromotoru	5,5	(kW)
Max. kroutící moment	45	(Nm)
Support s pohony		
X- osa		
Rozsah posuvu příčného supportu	0,025-3,2	(mm.ot-1)
rychloposuv	1500	(mm.min-1)
Z- osa		
Razsah posovu podélného supportu	0,05-3,2	(mm.ot-1)
rychloposuv	3000	(mm.min-1)
Koník		
Vnitřní kužel hrotové objímky	Morse 5	
Zdvih pinoly	70	(mm)
Ovládání	180	(mm)
Rozměry stroje		
Výška	1500	(mm)
Šířka	1100	(mm)

Závěrečnou operací je vyvažování, kontrola a zkoušení rotoru. Stroj zůstává stejný H20BT SCHENCK. Následuje závěrečná kontrola každého pátého kusu pomocí mechanických měřidel a expedice na montáž (Obr. 20).



Obrázek 20: Mechanická měřidla

Celá výrobní linka je moderní, automatizovaná a splňuje všechna kritéria podle firmy Siemens. Na současnou výrobní linku je zapotřebí 7 pracovních sil. U nově navrhované výrobní linky jsou zapotřebí pouze 4 pracovní síly.

4.2 Výrobní linka pro výrobu rotoru stroji SP280 MAS Kovosvit

Druhá navrhovaná linka je oproti předchozí lince méně automatická, ale přesto na dnešní dobu moderní, flexibilní a splňující požadavky. Začátek výrobní linky je stejný jako ve všech předchozích linkách kromě varianty se strojem EMAG. Dojde ke zkrácení tyčí, tyč je převezena na zarovnání a navrtání středících důlků. Jak jsem již toto rozebral, bude se provádět na stroji ZAH 620 CNC CZTech. Po vložení do palet budou tyče převezeny na obrobnu k obráběcímu hnízdu. Obráběcí hnízdo tvoří dvě obráběcí centra SP280 MAS Kovosvit. Tato firma není pro firmu Siemens neznámá a již několik let dodává stroje a provádí kompletní servis.

Stroj SP280 MAS Kovosvit je robustní určený pro malosériovou až sériovou výrobu. Mezi jeho přednosti patří tuhost základu stroje. Posuvy stroje jsou vybaveny valivým vedením, tím je zaručena přesnost stroje. Stroj je vybaven operačním systémem Siemens Sinumerik 840D (Obr. 21) (Tab. 11). [10]

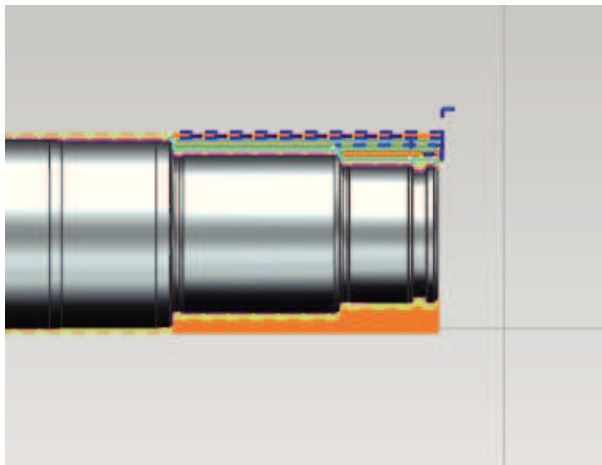


Obrázek 21: SP280 MAS Kovosvit [10]

Tabulka 11: Technické parametry SP280 MAS Kovosvit [10]

Hlavní technické údaje		
Pracovní rozsah		
Geometrická a pracovní přesnost		ISO 13041
Oběžný průměr nad ložem	(mm)	570
Maximální obráběný průměr	(mm)	280
Max. délka soustružení mezi hroty	(mm)	565
Max. hmotnost dílce sklíčidlo / sklíčidlo + koník	(kg)	50 / 100
Hlavní pohon - elektrovřeteno		
Přední konec vřetena (DIN 55026)		A6
Výkon motoru	(kW)	21 / 27
Max. otáčky vřetena	(min ⁻¹)	4700
Max. průchod tyče	(mm)	61
Náhon osy C		
Max. otáčky vřetena	(min ⁻¹)	100
Min. programovatelný inkrement	(°)	0,001
Osa X - přímé odměřování		
Kuličkový šroub - průměr / stoupání	(mm)	32 / 12
Maximální zdvih	(mm)	245
Rychloposuv	(m.min ⁻¹)	30
Max. posuvná síla	(kN)	5
Přesnost opakované najetí dle ČSN ISO 230-2	(mm)	0,004
Osa Z - nepřímé odměřování		
Kuličkový šroub - průměr / stoupání	(mm)	40 / 15
Maximální zdvih	(mm)	640
Rychloposuv	(m.min ⁻¹)	30
Max. posuvná síla	(kN)	12
Přesnost opakované najetí dle ČSN ISO 230-2	(mm)	0,008
Osa Y - přímé odměřování		
Kuličkový šroub - průměr / stoupání	(mm)	32 / 12
Maximální zdvih	(mm)	100 (50)
Rychloposuv	(m.min ⁻¹)	15
Max. posuvná síla	(kN)	10
Přesnost opakované najetí dle ČSN ISO 230-2	(mm)	0,004
Nástrojová hlava		
Počet poloh pro pevné nebo rotační nástroje		12
Průměr upínacího čepu držáku nástrojů DIN 69880	(mm)	40
Rozměr nože	(mm)	25 x 25
Max. otáčky nástr. Vřetena	(min ⁻¹)	4000
Koník		
Kužel		Morse 5
Zdvih	(mm)	500
Rozsah přitlačné síly	(kN)	1,5 - 12
Rozměry stroje: délka x šířka x výška	(mm)	3875 x 2122 x 2345
Hmotnost stroje	(kg)	7500

Obrábění je prováděno tak, že se tyč pomocí dopravníku vloží do stroje. Ve stroji se tyč upne mezi hroty. Firma MAS Kovosvit po dohodě stroj přestaví a vloží do stroje dvě revolverové hlavy. Každá revolverová hlava by měla kapacitu 12 pozic pro nástroje + jsou nástroje poháněny vlastním pohonem (Tab. 12). Celý proces začne obráběním tyčí a vznikem hřídele. V revolverové hlavě jsou upnuty nástroje pro všechny typy osazení a zápichů. Uvedené obrázky jsou vloženy přesně podle dohody a výroby. Uvedené vlastnosti jsou orientační (Obr. 22, 23, 24, 25). [10]



Obrázek 22: 1. Soustružení na hrubo [15]

1. Operace: hrubování čepu

na pravé straně

$A_{p_{max}}$ (mm)=3

$A_{p_{min}}$ (mm)=1

V_c (m/min)=305

N (1/min)=3000

f (mm)=0,4

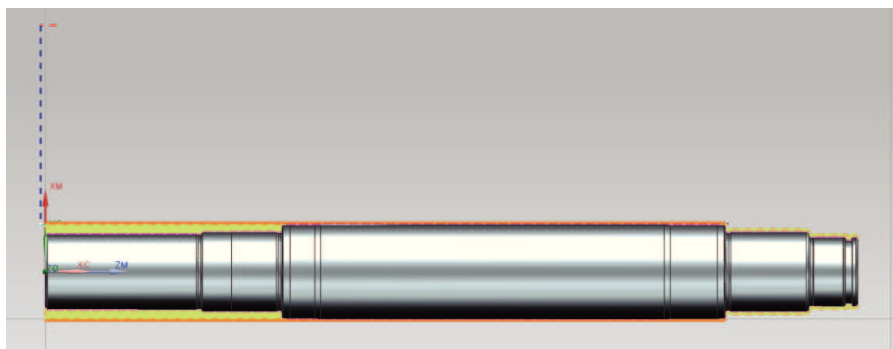
přídavek pro soustružení na

hotovo=1,2-1,5mm

Nástroj(T1D1):DNMX

WMX R1,2 4325 výrobce:

Sandvik coromant



Obrázek 23: 2. Soustružení na hrubo celá hřídel [15]

2. Operace: soustružení průměru pod rotorem hotově

$A_{p_{max}}$ (mm)=3

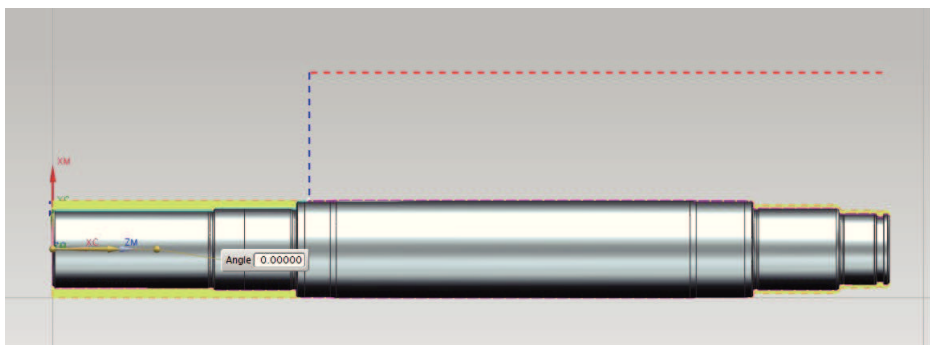
$A_{p_{min}}$ (mm)=1

V_c (m/min)=305

N (1/min)=3000

f (mm)=0,4

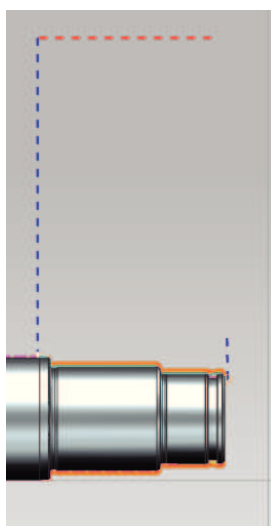
Nástroj(T2D1):DNMX WMX R1,2 4325 výrobce: Sandvik coromant



Obrázek 24: 3. Soustružení protisměr na čisto [15]

3. Operace: soustružení průměru pod rotorem hotově $A_{p_{max}}$ (mm)=1,5 $A_{p_{min}}$ (mm)=1,2 V_c (m/min)=335 S (1/min)=3000 f (mm/)=0,2

Nástroj(T4D1):DNMX WMX R0,8 4325 výrobce: Sandvik coromant



Obrázek 25: Soustružení na čisto [15]

4. Operace: soustružení průměru pod rotorem hotově $A_{p_{max}}$ (mm)=1,5 $A_{p_{min}}$ (mm)=1,2 V_c (m/min)=335 N (1/min)=3000 f (mm)=0,2Nástroj(T3D1):DNMX WMX R0,8
4325 výrobce: Sandvik coromant

Po soustružení hřídele se nástroje nastaví na frézování drážek. Hřídel se zastaví a nástroje jsou poháněny pohonem (Tab. 12). Po frézování drážek dochází k broušení hřídele na konkrétní rozměr a přesnost. Ze stroje se hřídel vyjme a vloží na dopravník. Na dopravníku se nachází speciální optické měřicí zařízení, popřípadě mechanické. Měřicí zařízení zkontroluje danou hřídel, popřípadě dá impuls k opravě nepřesnosti na strojích.

Tabulka 12: SP280 MAS Kovosvit nástroje

SP280 MAS Kovosvit nástroje		
1. Revolverová hlava		
1. pozice	PCLNL 25x25 M15	CNMG 120408
2. pozice	PDJNL 25x25 M15	DNMG 150608
3. pozice	PDJNR 25x25 M15	DNMG 150608
4. pozice	PDJNR 25x25 M15	DNMG 150608
5. pozice	SER (L) 2020	TN ER (L) 130ZZ
6. pozice	SER (L) 2020	TN ER (L) 160ZZ
7. pozice	SER (L) 2020	TN ER (L) 185ZZ
8. pozice	SER (L) 2020	TN ER (L) 110ZZ
9. pozice	SER (L) 2020	TN ER (L) 265ZZ
2. Revolverová hlava		
1. pozice	FA3AH0570BDK30	KC 625
2. pozice	FA3AH0775BDK30	KC 625
3. pozice	FA3AH0970BDK30	KC 625
4. pozice	FA3AH1070BDK30	KC 625
5. pozice	FA3AH1170BDK30	KC 625
6. pozice	PDJNR 25x25 M15	DNMG 150608
7. pozice	PDJNL 25x25 M15	DNMG 150608
8. pozice	Brusný kotouč	

Po kontrole se hřídel zalisuje do rotoru na stroji PYE25S1 VEP, rotor se vloží na dopravník a je dopraven k soustruhům SN50 TOS Trenčín, kde se obrobí povrch rotoru. Stroje jsou stejné jako v předchozí metodě. Následuje poslední operace a tou je vyvažování, kontrola a expedice rotoru.

Tato výrobní linka je oproti předchozí méně automatická, ale splňuje požadavky firmy Siemens a výroba je do rozumné míry automatická a flexibilní.

4.3 Výrobní linka pro výrobu rotoru stroji DMG NEF600

Gildenmeister

Celý proces výroby je stejný jako v předchozí lince. Hlavním a jediným rozdílem je obrábění hřídelí, frézování a broušení. U předchozí linky jsou nasazeny stroje SP280 MAS Kovosvit. Tuto výrobní linku obohatí stroje DMG NEF 600 Gildenmeister (Obr. 26).

Stroje jsou určeny pro malosériovou až sériovou výrobu. Jsou známé pro svou flexibilitu a dynamiku ve výrobě. Stroje jsou vybaveny operačním a řídicím systémem Sinumerik 840D. Lože je pevné, robustní a vyrobené z litinové slitiny. Pro každou osovou výšku jsou určeny dva tyto stroje. [12]

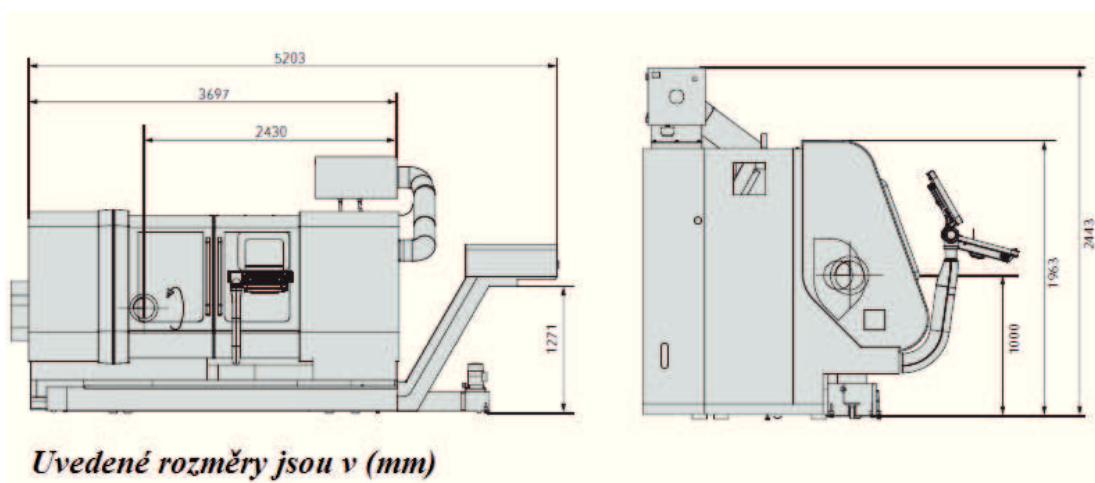


Obrázek 26: DMG NEF 600 Gildenmeister [12]

Firma DMG je po dohodě ochotna firmě Siemens dodat stroje s úpravami. Stroje jsou vybaveny speciálními dvěma revolverovými hlavami. Vrchní revolverová hlava obsahuje 12 upínacích pozic pro nástroje (Tab. 13). Obsazení těchto pozic je stejné jako v předešlé lince. Jsou zde upnuty nože na hrubování, i na soustružení na čisto. Spodní revolverová hlava může obsahovat nástroje s vlastním pohonem. Počet nástrojů není ještě přesně určen, z důvodů jednání s firmou DMG. Přitom ovšem zůstává stejná flexibilita a různorodost tuhosti stroje.

Tabulka 13: Technické parametry stroje DMG NEF 600 Gildenmeister [12]

Technické parametry DMG NEF 600		
Pracovní oblast		
Maximální délka lože	1250	(mm)
Pracovní průměr	600	(mm)
Příčný pojezd	398	(mm)
Podélný pojezd	1250	(mm)
Rychloposuv X/Z	30/30	(m/min)
Průměr sklíčidla	250/315	(mm)
Pohony posuvů		
Výkon pohonu	37/28	(kW)
Rozsah otáček	0-3500	(rpm)
Průměr vřetena	118	(mm)
Zdroj napájení X	10/6,2	(kV)
Momentová síla X	15/10	(Nm)
Zdroj napájení Z	16,5/8,7	(kV)
Momentová síla Z	22/13,6	(Nm)
Nástrojová hlava		
Počet pozic	12	
Maximální řídící síla	5,5	(kV)
Maximální momentová síla	17,5	(Nm)
Maximální otáčky nástroje	4500	(mm)
Hmotnost		
Hmotnost bez dopravníku třísek	5500	(kg)
Hmotnost s dopravníkem třísek	5700	(kg)

**Obrázek 27: Rozměry stroje DMG NEF 600 Gildenmeister [12]**

Každý stroj obsahuje speciální podavač hřídelí. Do stroje se vloží tyč a upne se automaticky mezi hroty. Tyč je obrobená pomocí upnutých nožů v revolverové hlavě na hřídel. Nejprve dochází k hrubování hřídele s přídavkem na obrábění. Na rozměr se obrobí pouze část, která ponese později rotorový svazek. Po výměně nože dojde k soustružení ploch a osazení v protisměru. Další poloha stroje dále obrábí osazení na přesný rozměr. V další fázi je hřídel broušena pomocí speciálního nástroje upnutého v druhé upínací hlavě s vlastním pohonem. Brusný nástroj obrousí požadované plochy na daný rozměr a přesnost. Po obrábění veškerých rozměrů dojde na řadu frézování drážek. Frézy jsou upnuty v upínací hlavě také s vlastním pohonem. Hřídel je po vychrlení ze stroje připravena k zalisování do rotorového svazku bez jakýchkoliv úprav. Pouze dochází ke kontrole hřídele. Kontrola není bohužel ještě určena, z důvodů výběrového řízení ve firmě.

Dále je hřídel přivedena k lisu a dojde k zalisování do rotorového svazku. Následně dochází k dalším operacím, které jsou stejné jako v předchozí metodě, kde byla celá výroba rozebrána.

5 Technicko – ekonomické vyhodnocení

Společnost Siemens AG patří mezi špičku na trhu v mnoha odvětvích. Její umístění je dáno kvalitní výrobou, špičkovou technologií a kvalitou samotných výrobků. Aby firma zůstala na vrcholu v odvětví výroby elektromotorů, musí jít z moderní dobou a současnou výrobu neustále vyvíjet a zdokonalovat. Výroba elektromotorů je komplikovaná a na trhu je několik firem, které se navzájem konkurují. Současná výroba je kvalitní a splňuje prozatím požadavky firmy Siemens. Nastává ale doba, kdy tato výroba začne zaostávat a firma bude muset investovat do lepší, modernější výroby, která bude mít také lepší flexibilitu. Musí však zůstat stejně kvalitní jak výroba, tak samotné výrobky. Stroje při současné výrobě začínají být zastaralé a firma Siemens má na výběr z dvou možností. Investovat do modernější výroby, nebo udělat úplnou kontrolu a výměnu součástí při současné výrobě. Renovace strojů je levnější varianta, ale není to řešení pro budoucí výrobu. Proto se firma rozhodla investovat a vyvinout modernější výrobu rotorů. Po zvážení všech variant a nápadů jsou reálné tři nové výrobní linky, které jsou však v různých cenových podmínkách. Splňují však veškeré požadavky firmy Siemens do budoucna pro výrobu rotorů a elektromotorů.

První varianta je, co se týká svou výbavou a funkcí velice automatická. Stroje jsou moderní a na vysoké úrovni. Hlavním finančním břemenem je stroj EMAG VTC 250 / 250 DUO, tento stroj je velice automatický a prvotřídně vybaven. Stroj stojí 25 000 000 Kč, dále jsou zapotřebí potřebné přípravy za 200 000 Kč, nástroje by zůstali stejné. Dále bude zapotřebí doprava, ustavení a servis stroje. Ten by firma EMAG udělala zdarma. Celkem je zapotřebí šest strojů značky EMAG + všechny přípravy. Celá výroba hřídelí je prozatím kalkulována pro tuto variantu na 151 200 000 Kč. Po výrobě hřídelí je zapotřebí hřídel zkontrolovat. Měřicí optické zařízení není prozatím vybráno, ale je otevřené výběrové řízení. Předběžná cena, kterou firma Siemens stanovila je 1 100 000 Kč na jeden přístroj. Tyto náklady by musely být samozřejmě násobeny šesti. Dále jsou zde nové stroje od firmy TOS Trenčín a to soustruhy na soustružení povrchu rotorů, těch je zapotřebí dohromady devět. Jeden tento stroj stojí 1 400 000 Kč (Tab.14). Celá linka by se musela postavit včetně dopravníků a zázemí. Finální cena není z firemních důvodů určena a vše je v řízení. [1]

Tabulka 14: Ekonomické vyhodnocení linky se strojem EMAG [1]

Výrobní linka se strojem EMAG VTC 250 / 250 DUO		
	Počet strojů	Náklady (mil. Kč)
EMAG 250 DUO	6	150
Přípravky	6	1,2
Doprava, ustavení, spuštění		Zdarma
Měřicí zařízení	6	6,6
TOS Trenčín SN40	9	12,6
Celkové náklady		170,4

Metoda se stroji SP280 MAS Kovosvit je méně automatická, splňuje však podmínky firmy Siemens. Firma MAS Kovosvit dodá na každou linku obrábění hřídelí dva stroje. Jeden tento stroj by vyšel včetně požadovaných přípravků na 6 600 000 Kč. Přípravky se pohybují stejně jako v předchozím případě okolo 200 000 Kč, doprava a servis je započítána už v ceně stroje (Tab. 15). Dané měřicí zařízení by zůstalo stejné jako u varianty se strojem EMAG, jen by se nacházelo na jiném místě. Stroje na soustružení povrchu rotorů jsou stejné a je i stejná cena. Celá linka je moderní a několik let by splňovala výrobu rotorů. [5]

Tabulka 15: Ekonomické vyhodnocení linky se strojem MAS Kovosvit [5]

Výrobní linka se strojem SP280 MAS Kovosvit		
	Počet strojů	Náklady (mil. Kč)
SP280 MAS Kovosvit	12	79,2
Přípravky	12	2,4
Doprava, ustavení, spuštění		Zdarma
Měřicí zařízení	6	6,6
TOS Trenčín SN40	9	12,6
Celkové náklady		100,8

Poslední varianta od firmy DMG NEF 600 Gildenmeister je co se týká výroby velice podobná jako linka se strojem SP280 MAS Kovosvit. Jediným a hlavním rozdílem jsou požadované náklady na stroje od firmy DMG Gildenmeister. Z důvodu

nových informací a metod od firmy DMG Gildenmeister, není možno vyčíslit následné náklady. Tyto náklady budou stanoveny později po dohodě s firmou.

Během vypracování diplomové práce se provedl ve firmě výpočet úspory na výrobu a vrácení vložených financí. Tato tabulka porovnává varianty se strojem EMAG a se strojem MAS Kovosvit (Tab. 16).

Tabulka 16: Úspora výrobních linek [5]

	Varianta se strojem EMAG	Varianta se strojem MAS Kovosvit
Investice	170 400 000 Kč	100 800 000 Kč
Dotace	42 325 000 Kč	x
Úspora	58 639 722 Kč	50 265 040 Kč
Návratnost	5 let	6 let

Návrh nových technologií se v rámci financí velice liší. Metoda se strojem EMAG je ekonomicky nejdražší, další dvě metody jsou přibližně stejně finančně náročné. První metoda je však velice automatická a flexibilní a firmě by vydržela několik let díky své modernizaci. Další dvě metody jsou méně automatické a flexibilní, ale jsou na vysoké úrovni ve výrobě rotorů. Během realizace projektu dojde ke zlepšení a zrychlení výroby. Dané výrobky budou i finančně levnější. Tyto informace nejsou bohužel zveřejněny díky vnitrofiremním podmínkám a zabezpečení podniku.

Firma Siemens je nyní ve výběrovém řízení a propočtech pro výrobu. Je to z toho důvodu, že jsou zapotřebí velké finanční náklady a dojde k narušení velkého obsahu výroby. Možná realizace je plánována na rok 2015-2016.

6 Závěr

V mé diplomové práci jsem se zabýval návrhem pracovního postupu výroby rotoru do elektromotorů pro firmu Siemens, s.r.o., o. z. Elektromotory Mohelnice, který používá dvě současné technologie při výrobě rotoru. Obě technologie jsou však zastaralé a nesplňují modernizaci a automatizaci výroby.

V dané firmě jsem provedl rozsáhlou analýzu těchto pracovních postupů a na základě výsledků, které mě vyšly, jsem došel k návrhům tří nových pracovních postupů výroby rotorů. Tyto nové pracovní postupy by měly zlepšit modernizaci a automatizaci výroby a dále i ve všech směrech celkovou výrobu rotorů. Během vypracování diplomové práce jsem kontaktoval několik výrobců a projednal s nimi dané varianty. Osobně jsem se lépe orientoval ve výrobě elektromotorů a naučil novým zkušenostem jak ve výrobě rotorů, tak i v plánování nových výrobních linek a metod. Tento projekt obsahuje velké množství finančních prostředků a úsilí. Na dané realizaci tohoto projektu se dále podílím ve firmě Siemens, s.r.o., o. z. Elektromotory Mohelnice jako externí technolog. Z těchto tří navržených technologií bude jedna vybrána a zrealizována v roce 2015-2016.

Při zpracování tématu „Návrh nové technologie výroby rotoru elektromotorů ve firmě Siemens, s.r.o.“ jsem došel k závěru, že výroba rotoru je neodmyslitelnou součástí při výrobě elektromotorů. Její modernizování a automatizace přináší velký pozitivní vliv na celkovou výrobu elektromotorů do celého světa.

Seznam použité literatury

Publikační zdroje

- [1] KOCMAN, K.; PROKOP, J. [i]Technologie obrábění.[/i] Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o. Brno. 2001, 270 s. ISBN 80–214–1996–2. [cit. 2014-02-01]
- [2] VASILKO, K.; NOVÁK-MARCINČIN, J.; HAVRILA, M.[i] Výrobné inžinierstvo.[/i] Prešov : Datapress Prešov. 2003, 424 s. ISBN 80–7099–995–0. [cit. 2014-02-02]
- [3] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. [I]Experimentálne metódy v trieskovom obrábaní.[/I] Žilina : EDIS Žilina, 2007. s. 343. ISBN 978–80–8070–711–8. [cit. 2014-02-06]
- [4] HUMÁR, A. [i]Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění.[/i] Brno: CCB, s.r.o. Brno, 1995. 265 s. ISBN 80–85825–10–4. [cit. 2014-06-02]

Internetové zdroje

- [5] Siemens Česká republika – Historie OZ Mohelnice. [online], [cit. 2014-01-21].
Dostupné:<https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/industry/OZ_Mohelnice/Pages/Elektromotory_Mohelnice.aspx>
- [6] Siemens Česká republika – Werner von Siemens. [online], [cit. 2014-01-22].
Dostupné:<https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/o_nas/Pages/Werner-von-Siemens.aspx>
- [7] Wikipedia – Otevřená encyklopedie. [online], [cit. 2014-02-08].
Dostupné:<<http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromotor>>
- [8] EMAG – Výrobce obráběcích center. [online], [cit. 2014-02-14].
Dostupné:<<http://www.emag.com/machines/turning-machines/shaft-machining-customized-vtc/vtc-250.html?type=98>>
- [9] Tensk SK, a.s. – Výrobce obráběcích strojů. [online], [cit. 2014-04-15].
Dostupné:<<http://www.trens.sk/sk/produkty/univerzalne-hrotove-sustruhy/sn-50-c>>
- [10] Kovosvit MAS, a.s. – Výrobce obráběcích strojů. [online], [cit. 2014-04-15].
Dostupné: <<http://www.kovosvit.cz/cz/sp-280/>>

- [11] CZ Tech Čelákovice, a.s. – Výrobce obráběcích strojů. [online], [cit. 2014-05-06].
Dostupné: <<http://www.cztch.cz/index.php/cz/zah-620-cnc>>
- [12] DMG Gildenmeister – Výrobce obráběcích center. [online], [cit. 2014-05-06].
Dostupné: <<http://en.dmgmori.com/products/lathes/universal-lathes/nef/nef-600>>
- [13] Trimet Schweiz AG – Výrobce hliníku. [online], [cit. 2014-05-07].
Dostupné: <http://www.trimet.cz/cz/sv_EN_AB-46000.php>
- [14] Proal – Výrobce hliníkových profilů. [online], [cit. 2014-05-07].
Dostupné: <<http://www.proal.cz/info/424401.htm>>
- [15] Siemens, s.r.o. – Vnitrofiremní dokumenty. [online], [cit. 2014-05-07].

Seznam příloh

A – Výrobní výkres hřídele [5]

B – Výrobní dokumentace (rozložení obrobny) [5]

C – Výrobní dokumentace (nové rozložení obrobny) [5]

Seznam obrázků

Obrázek 1: Sestava elektromotoru	6
Obrázek 2: Typy pil	10
Obrázek 3: ZAH620 CNC CZTech Čelákovice	11
Obrázek 4: Rozmístění pracovních strojů	11
Obrázek 5: Pracovní oblast stroje SPT16 NC	13
Obrázek 6: Soustružení hřídelí	14
Obrázek 7: Pracovní oblast frézky BUSCH CNC NF1 16/14	14
Obrázek 8: Pracoviště opracování hřídelí	15
Obrázek 9: Zalisování hřídele do rotorového svazku	17
Obrázek 10: Opracování a vyvažování rotorů	17
Obrázek 11: Vyvažovací stroj H20BT SCHENCK	18
Obrázek 12: Pracoviště opracování hřídelí z SP12 CNC	20
Obrázek 13: Broušení rotorů	20
Obrázek 14: EMAG VTC 250 / 250 DUO [8]	24
Obrázek 15: Rozměry stroje EMAG VTC 250 / 250 DUO [8]	25
Obrázek 16: Pracovní prostor EMAG VTC 250 / 250 DUO [8]	26
Obrázek 17: Zarovnání a obrobení tyče [8]	27
Obrázek 18: Obrábění hřídele na stroji EMAG VTC 250 / 250 DUO [8]	27
Obrázek 19: SN50 TOS Trenčín [9]	30
Obrázek 20: Mechanická měřidla	32

Obrázek 21: SP280 MAS Kovosvit [10]	33
Obrázek 22: 1. Soustružení na hrubo [15]	35
Obrázek 23: 2. Soustružení na hrubo celá hřídel [15]	35
Obrázek 24: 3. Soustružení protisměr na čisto [15].....	36
Obrázek 25: Soustružení na čisto [15].....	36
Obrázek 26: DMG NEF 600 Gildenmeister [12].....	38
Obrázek 27: Rozměry stroje DMG NEF 600 Gildenmeister [12]	39

Seznam tabulek

Tabulka 1: Postup současné výroby rotoru	7
Tabulka 2: Materiály a průměry tyčí	9
Tabulka 3: Pozice nástrojů na ZAH 620 CNC	10
Tabulka 4: Poloha a typ nástrojů SPT16 NC	12
Tabulka 5: Chemické a mechanické složení slitin [13], [14]	16
Tabulka 6: Poloha nástrojů SP12 CNC	19
Tabulka 7: Návrh nových technologií na výrobu rotoru	22
Tabulka 8: Technické parametry EMAG 250 / 250 DUO [8]	25
Tabulka 9: Nástroje EMAG VTC 250 / 250 DUO	29
Tabulka 10: Technické parametry SN50 TOS Trenčín [9]	30
Tabulka 11: Technické parametry SP280 MAS Kovosvit [10]	34
Tabulka 12: Technické parametry stroje DMG NEF 600 Gildenmeister [12]	39
Tabulka 13: Ekonomické vyhodnocení linky se strojem EMAG [1]	42
Tabulka 14: Ekonomické vyhodnocení linky se strojem MAS Kovosvit [1]	42
Tabulka 15: Úspora výrobních linek	43

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat za poskytnuté rady, trpělivost a ochotu vedoucímu mé diplomové práce Ing. Jiřímu Kratochvílovi, Ph.D. a dále potom celému managementu společnosti Siemens, s.r.o., o. z. Elektromotory Mohelnice, zejména pak panu Milanu Knoblochovi, za možnost realizace diplomové práce. Slečně Ing. Monice Strakové a pánům Lumíru Mackovi, Vlastimilu Hubinkovi a Romanu Puchrovi, za kladný přístup na mé dotazy a požadavky.